



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003214855 A**(43) Date of publication of application: **30.07.03**

(51) Int. Cl

G01C 19/56
G01P 9/04(21) Application number: **2002013998**(71) Applicant: **DENSO CORP**(22) Date of filing: **23.01.02**(72) Inventor: **DOSO TAKEHIRO**(54) **ANGULAR VELOCITY SENSOR**

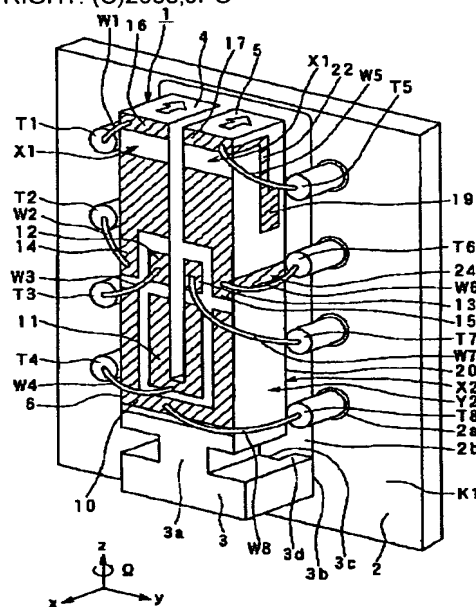
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress unneeded vibration that is superposed on drive vibration as much as possible in a vibration type angular velocity sensor.

SOLUTION: The angular velocity sensor has a vibrator 1 in a tuning fork shape where one end of a pair of arm sections 4 and 5 is connected, and a support section 3 having a narrowing section 3a for supporting the vibrator 1. The vibrator 1 is driven and vibrated in the direction of y axis, at the same time the vibration state in the direction of x axis of the arm sections 4 and 5 is detected as detection vibration, and angular velocity Ω around a z axis is detected from the state of the detection vibration. A substrate 2 is provided while being opposite to a support surface 3b that orthogonally crosses the direction of x axis at the support section 3, and at the same time the support section 3 is fixed to the substrate 2, a recess 3c that is recessed with a step on a support surface 3b is provided between the support surface 3b and a face K1 of a base section 2 that faces the support surface 3b, and a non-contact region where the support surface 3b and the base section

2 are not in contact each other at the recess 3c is formed.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-214855

(P2003-214855A)

(43) 公開日 平成15年7月30日 (2003.7.30)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード^{*}(参考)

G 0 1 C 19/56

G 0 1 C 19/56

2 F 1 0 5

G 0 1 P 9/04

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-13998 (P2002-13998)

(22) 出願日 平成14年1月23日 (2002.1.23)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 度曾 武宏

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

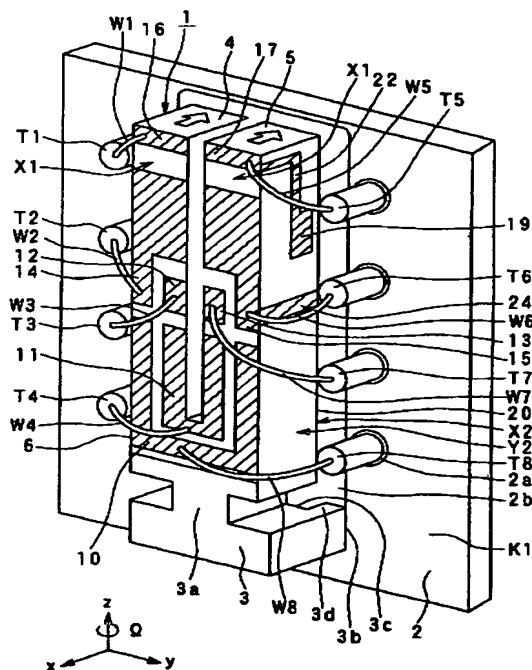
Fターム(参考) 2F105 BB03 BB11 CC01 CD02 CD06
CD13

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 振動型の角速度センサにおいて、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制する。

【解決手段】 一对のアーム部4、5の一端が連結された音叉状の振動子1と、振動子1を支持するためのくびれ部3aを有する支持部3とを備え、振動子1をy軸方向に駆動振動させるとともに、アーム部4、5のx軸方向の振動状態を検知振動として検出し、該検知振動の状態からz軸回りの角速度 Ω を検出するようになっている。支持部3におけるx軸方向に直交する支持面3bと対向して基板2が設けられるとともに、この基板2に支持部3が固定されており、支持面3bとこれに対向する基部2の面K1との間には、支持面3bに段差を持って凹んだ凹部3cを設け該凹部3cにて支持面3bと基部2とが非接触の状態にある非接触領域が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 略角柱状に形成された少なくとも一対の
アーム部（4、5）および各アーム部の一端を連結する
連結部（6）により形成された振動子（1）と、
前記振動子を支持するためのくびれ部（3a）を有する
支持部（3）とを備え、

前記振動子を前記アーム部の配列方向である y 軸方向に
駆動振動させるとともに、少なくとも 1 つの前記アーム
部の前記 y 軸に直交する x 軸方向の振動状態を検知振動
として検出し、該検知振動の状態から前記 x 軸および前
記 y 軸と直交する z 軸回りの角速度を検出するようにな
っており、

前記支持部における前記 x 軸方向に直交する支持面（3
b）と対向して基部（2）が設けられるとともに、この
基部に前記支持部が固定されている角速度センサにおい
て、

前記支持面と前記基部との間には、前記支持面およびこ
れと対向する前記基部の面（K1）の少なくとも一方の
面に段差を持って凹んだ凹部（3c）を設け、この凹部
にて前記支持面と前記基部とが非接触の状態にある非接
触領域が形成されていることを特徴とする角速度セン
サ。

【請求項 2】 前記支持面（3b）と前記基部（2）と
の接触領域に、前記支持部（3）と前記基部とを固定す
る固定部（3e）が形成されていることを特徴とする請
求項 1 に記載の角速度センサ。

【請求項 3】 前記非接触領域は、前記支持面（3b）
における前記くびれ部（3a）の根元の中心（3f）を
中心として前記くびれ部の幅（W3）の 3 倍以上の直径
を持つ円（C1）の面積の範囲に形成されていることを
特徴とする請求項 1 または 2 に記載の角速度センサ。

【請求項 4】 略角柱状に形成された少なくとも一対の
アーム部（4、5）および各アーム部の一端を連結する
連結部（6）により形成された振動子（1）と、
前記振動子を支持するためのくびれ部（3a）を有する
支持部（3）とを備え、

前記振動子を前記アーム部の配列方向である y 軸方向に
駆動振動させるとともに、少なくとも 1 つの前記アーム
部の前記 y 軸に直交する x 軸方向の振動状態を検知振動
として検出し、該検知振動の状態から前記 x 軸および前
記 y 軸と直交する z 軸回りの角速度を検出するようにし
た角速度センサにおいて、

前記くびれ部は、前記駆動振動の周波数（fd）の整数
倍の周波数成分による前記振動子の振動を防止するよう
な形状となっていることを特徴とする角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、音叉状の振動子を
有する振動型の角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 この種の角速度センサとしては、例えば
特開平 11-125527 号公報に記載のものが提案され
ている。その一般的な構成を図 5 に示す。

【0003】 振動子 1 は、略角柱状に形成された一対の
アーム部 4、5 および各アーム部 4、5 の一端を連結す
る連結部 6 により音叉形状に形成された圧電体から構成
されている。ここで、アーム部 4、5 の配列方向を y
軸、アーム部 4、5 の長手方向を z 軸、これら y 軸およ
び z 軸に直交する軸を x 軸として、図 5 中に示すような
x y z 直交座標系が構成される。

【0004】 この振動子 1 は、くびれ部 3a を有する支
持部 3 に支持されている。また、図示しないが、支持部
3 における x 軸方向に直交する面（支持面）3b には基
部（ベース）が対向して設けられている。

【0005】 そして、支持部 3 は、この支持面 3b にお
けるくびれ部 3a よりも下側の全域を上記基部に接触さ
せた状態で溶接や接着あるいは基部と一体に成形される
等により、上記基部に固定されている。例えば、図 5 中
の斜線ハッチングで示す各領域にて溶接することで支持
部 3 は上記基部に固定される。

【0006】 また、図示しないが振動子 1 には、振動子
1 の駆動用および角速度検出用の各種の電極が設けら
れ、これら電極は、上記基部に設けられた配線部材に対
してワイヤ等により結線されることで、外部回路と電気
的に接続されている。

【0007】 このような角速度センサにおいては、ま
ず、振動子 1 を y 軸方向に駆動振動させる。つまり、図
5 中の破線や一点鎖線に示すように、音叉のアーム部
4、5 が y 軸方向に開いたり閉じたりするように振動さ
せる。

【0008】 この駆動振動のもとで、z 軸回りの角速度
 Ω が印加されるとコリオリ力により、アーム部 4、5 は
x 軸方向に振動する。この振動の振動状態を検知振動と
して検出し、該検知振動の状態から上記角速度 Ω を検出
するようになっている。

【0009】 このような振動をもとに角速度検出を行う
ことから、振動子 1 からの振動が支持部 3 を介して上記
基部へ漏れにくくするため、支持部 3 には細いくびれ部
3a が設けられている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、このような構
成を持つ従来の角速度センサについて、本発明者が検討
したところ、駆動振動の際に、駆動振動周波数 fd の整
数倍の周波数 $n \cdot fd$ を持つ不要振動が重畳するため、
センサの S/N 比が悪化するという問題が生じることを
見出した。

【0011】 図 6（a）は、正常な場合の出力波形を示
すものであるが、振動子 1 には駆動振動させるための所
定周波数 fd を持つ駆動信号 Sd が印加され、振動子に
おける駆動振動の出力波形 St も駆動信号と同じ周波数

にて出力される。ここでは、出力波形 S_t は角速度が 0 のときである。

【0012】図 6 (b) は、駆動振動に上記不要振動が重畳した場合の出力波形 S_t を示すもので、駆動信号 S_d の周波数 f_d の整数倍の周波数 $n \cdot f_d$ を持つ振動が不要振動として、正常な出力波形 (駆動振動) に重畳された形となっている。このように不要振動が駆動振動に重畳されると、同期検波によって重畳成分も DC 出力となるため、結果、センサの S/N 比が悪化する。

【0013】本発明は上記問題に鑑み、振動型の角速度センサにおいて、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明者は、まず、角速度センサにおける振動子および支持部も含めた振動について FEM 解析を行った。その結果、駆動振動により、支持部が微小に変位することを見出した。この変位は、支持部における基部との固定部から遠く且つくびれ部に近いほど大きくなる傾向にある。

【0015】具体的に、上記図 5 に示す角速度センサでは、図中にて丸で囲んだ A 部すなわちくびれ部 3 a 近傍において、支持部 3 の微小変位が最大になる傾向にあることを見出した。

【0016】そして、図 5 中の A 部内に矢印で示すように、アーム部 4、5 が開く方向に変位したときには、くびれ部近傍の支持部 3 は z 軸方向の上側へ変位し、アーム部 4、5 が閉じる方向に変位したときには、くびれ部近傍の支持部 3 は z 軸方向の下側へ変位することがわかった。

【0017】ここで、従来では、くびれ部 3 a より下の支持面 3 b の全域が上記基部に接触しているため、くびれ部近傍の支持部 3 の変位によって支持部 3 と上記基部とのこすれが生じる。すると、このこすれによって不要な力が振動子 1 に加わり、この不要な力の周波数が振動子 1 の共振周波数の近傍にあると、振動子 1 が共振し、この共振が上記不要振動となることがわかった。

【0018】本発明は、上記した本発明者の見出した不要振動の発生原因をいかに抑えるかという観点から創出されたものである。

【0019】すなわち、請求項 1 に記載の発明では、略角柱状に形成された少なくとも一対のアーム部 (4、5) および各アーム部の一端を連結する連結部 (6) により形成された振動子 (1) と、振動子を支持するためのくびれ部 (3 a) を有する支持部 (3) とを備え、振動子をアーム部の配列方向である y 軸方向に駆動振動させるとともに、少なくとも 1 つのアーム部の y 軸に直交する x 軸方向の振動状態を検知振動として検出し、該検知振動の状態から x 軸および y 軸と直交する z 軸回りの角速度を検出するようになっており、支持部における x 軸

方向に直交する支持面 (3 b) と対向して基部 (2) が設けられるとともに、この基部に支持部が固定されている角速度センサにおいて、支持面と基部との間には、支持面およびこれと対向する基部の面 (K1) の少なくとも一方の面に段差を持って凹んだ凹部 (3 c) を設け、この凹部にて支持面と基部とが非接触の状態にある非接触領域が形成されていることを特徴とする。

【0020】それによれば、非接触領域を設けることで、従来のような支持面と基部とが全面接触している場合に比べて、支持部と基部とのこすれによって発生する不要な力を低減することができる。そのため、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することができる。

【0021】また、請求項 2 に記載の発明のように、支持面 (3 b) と基部 (2) との接触領域に、支持部 (3) と基部とを固定する固定部 (3 e) を形成することができる。この固定部は、溶接、ロウ付けや接着などの接合方法にて形成されたものにできる。

【0022】また、請求項 3 に記載の発明では、非接触領域は、支持面 (3 b) におけるくびれ部 (3 a) の根元の中心 (3 f) を中心としてくびれ部の幅 ($W3$) の 3 倍以上の直径を持つ円 ($C1$) の面積の範囲に形成されていることを特徴とする (図 3 (b) 参照)。

【0023】このように非接触領域の面積を広くとることにより、請求項 1 の発明の効果が適切に発揮される。

【0024】また、本発明者の検討によれば、振動子には各種の共振周波数を持つ振動モードが存在する。このような各振動モードの共振周波数 (f_n) が、駆動振動の周波数 (f_d) の整数倍 ($n \cdot f_d$) に近いほど、上記した不要な力により生じる不要振動の利得は大きくなる (図 4 参照)。

【0025】このことから、振動子の振動モードの共振周波数 (f_n) と駆動振動の周波数の整数倍の周波数 ($n \cdot f_d$) との差 (ΔF) を大きくしてやれば、不要振動の利得を小さくし、駆動振動に重畳される不要振動を抑制できると考えた。

【0026】すなわち、請求項 4 に記載の発明では、略角柱状に形成された少なくとも一対のアーム部 (4、5) および各アーム部の一端を連結する連結部 (6) により形成された振動子 (1) と、振動子を支持するためのくびれ部 (3 a) を有する支持部 (3) とを備え、振動子をアーム部の配列方向である y 軸方向に駆動振動させるとともに、少なくとも 1 つのアーム部の y 軸に直交する x 軸方向の振動状態を検知振動として検出し、該検知振動の状態から x 軸および y 軸と直交する z 軸回りの角速度を検出するようにした角速度センサにおいて、くびれ部は、駆動振動の周波数 (f_d) の整数倍の周波数成分による振動子の振動を防止するような形状となっていることを特徴とする。

【0027】それによれば、駆動振動の周波数の整数倍の周波数成分による振動子の振動を防止することができ

るため、結果、振動子の振動モードの共振周波数と駆動振動の周波数の整数倍の周波数との差を大きくした構成となる。したがって、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することができる。

【0028】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。

【0030】（第1実施形態）図1は、本発明の第1実施形態に係る角速度センサを示す斜視図である。本実施形態は、例えば、自動車の姿勢制御やカーナビゲーションシステム等に利用される角速度センサとして使用される。

【0031】本実施形態の角速度センサは、大きくは、振動子1と、振動子1を支持するための支持部3と、振動子1および支持部3が取り付けられる基部としての基板2とから構成されている。

【0032】振動子1は、一対の略四角柱状のアーム部（振動部）4、5と、各アーム部4、5の一端を連結する連結部6とを有する音叉形状に形成された圧電体（例えば、PZT（チタン酸ジルコン鉛）等）から形成されている。

【0033】ここで、振動子1において、両アーム部4、5の長手方向と平行且つ両アーム部4、5の中央に位置するz軸方向に延びる各振動子面を、以下のように定義する。

【0034】両アーム部4、5と連結部6とが同一平面を形成し対向する略コ字形状の一対の面であるX1、X2面のうち、基板2とは反対側の面をX1面、X1面と対向する他方の面をX2面とする。また、振動子1の外周に位置し且つアーム部4、5の配列方向であるy軸と直交する面であるY1、Y2面のうち、アーム部4側をY1面、アーム部5側をY2面とする。

【0035】また、X1面およびX2面と直交する方向をx軸として、上記y軸およびz軸とともに、図1に示すx y z直交座標系が構成される。以下、本実施形態において、このx y z直交座標を用いて説明する。また、以下、x軸方向というのは、x軸と平行な方向であることを意味する。y軸、z軸方向についても同様である。

【0036】振動子1には、駆動および角速度検出のための複数の電極が形成されているが、次に、その電極構成について説明する。図2は、振動子1の外周面上に形成された各電極10～24の構成を、振動子1の前後、左右から見た展開図である。（a）はX1面、（b）はX2面、（c）はY1面、（d）はY2面上の電極構成を示すものである。

【0037】X1面には、振動子1を駆動するための駆動電極10、11と、駆動状態をモニタし自励発振させ

るため帰還用の参照電極12、13と、取出し用パット電極（取出し電極）14、15と、検出用パット電極（ポスト電極）16、17とが形成されている。

【0038】一方、Y1、Y2面には、コリオリ力によって発生する電荷を取出し角速度を検出するための角速度検出電極18、19が形成されている。また、X2面には、上記駆動および参照電極10～13および角速度検出電極18、19の基準電位用電極である共通電極20がほぼ全面に形成されている。

10 【0039】ここで、角速度検出電極18、19は、それぞれ、Y1、Y2面上の引出し電極21、22を介して検出用パット電極16、17と電気的に導通している。また、共通電極20は、それぞれ、Y1、Y2面上の引出し電極23、24を介して取出し用パット電極14、15と電気的に導通している。

【0040】なお、角速度検出電極18は、アーム部4においてY1面と対向する面、角速度検出電極19は、アーム部5においてY2面と対向する面にあってもよい。また、角速度検出電極は、Y1面またはY2面のどちらか一方のみにあってもよい。一方のみの場合、角速度検出電極がある側のアーム部の検知振動から角速度検出がなされる。

【0041】また、振動子1は、図1の白抜き矢印に示すように、X1、X2面に直交するx軸方向に分極処理されている。なお、上記の取出し用パット電極14、15は、振動子1を分極処理するための、分極用電極としても用いられる。

【0042】そして、振動子1は、連結部6にて例えばエポキシ系の接着材で支持部3に接合されており、この支持部3によって支持されている。支持部3は、例えば42N（42アロイ）の様な金属粉を焼結させたもの（焼結金属）から成り、くびれ部3aを有して略エ字型を呈している。

【0043】次に、支持部3は、基板2に溶接やろう付け、あるいは接着剤を用いた接着等で接合されており、基板2の面K1に形成された凹部2bによって、振動子1は基板2に対して平行に浮遊した形となっている。この支持部3の詳細構成を図3に示す。

30 【0044】図3（a）は支持部3の斜視図であり、上記図2（b）のX2面の斜め上方から見た構成に対応している。また、図3（b）は支持部3を上記図2（b）のX2面と平行な面、すなわち、支持部3におけるx軸方向に直交する支持面3bから見た平面図である。

【0045】支持部3は、この支持面3bにて基板2の面K1と対向している。そして、図3に示すように、支持面3bには、段差を持って凹んだ凹部3cが設けられている。ここでは、支持面3bは、くびれ部3aおよびその上の振動子1との接合部を除く面である。

50 【0046】本例では支持面3bは矩形状をなす面であり、その1辺側にくびれ部3aが設けられているもので

あり、凹部 3 c を形成するための凸部 3 d は、支持面 3 b における残りの 3 辺の周辺部に形成されたコの字形状をなしている。このようなくびれ部 3 a および凹凸を持った支持面 3 b を有する支持部 3 は、上記焼結金属を切削加工する等により形成することができる。なお、凸部 3 d は別体のものを溶接、ろう付け、接着等により接合したもので良い。

【0047】支持部 3 の寸法の一例を述べると、支持面 3 b の幅 W1 は 9 mm、支持面 3 b の高さ H1 は 3.3 mm、凸部 3 d の幅 W2 は 1.0 mm、凸部 3 d と凹部 3 c との段差の高さ H2 は 0.1 mm 程度にできる。また、くびれ部 3 a の幅（y 軸方向の幅）W3 は 1.47 mm 程度にできる。

【0048】ここで、支持部 3 の基板 2 の面 K1 への固定は、凸部 3 d と基板の面 K1 とを接触させ、これら両者を溶接したり、ろう付けあるいは接着を行うことで行われる。図 3 (b) に示す例では、凸部 3 b に固定部としての溶接点 3 e（黒丸で示す 11 点）が示されている。

【0049】このように支持部 3 の支持面 3 b とこれに対向する基板 2 の面 K1 とを固定することにより、支持面 3 b と基板 2 の面 K1 との間には、支持面 3 b の凸部 3 d にて両面 3 b、K1 が接触状態にある接触領域と、支持面 3 b の凹部 3 c にて両面 3 b、K1 が非接触の状態にある非接触領域が形成されている。

【0050】ここで、非接触領域は、図 3 (b) に破線および点々ハッチングにて示すように、支持面 3 b におけるくびれ部 3 a の根元の中心 3 f を中心としてくびれ部 3 a の幅 W3 の 3 倍以上の直径（ $3 \cdot W3$ ）を持つ円 C1 の面積の範囲に形成されていることが好ましい。

【0051】以上のように、本実施形態の角速度センサは構成されているが、次に、角速度センサの製造方法について説明する。板状の圧電体（例えば、PZT）を所定形状に切断し、振動子形状とした（圧電体加工工程）後、X1、X2 面に各電極 10～17 および 20 を印刷、焼付け等により形成する（第 1 の電極形成工程）。

【0052】続いて、X1、X2 面に電圧を印加して分極処理を行った（分極処理工程）後、Y1、Y2 面に電極 18、19 および 21～24 を印刷、硬化等により形成し（第 2 の電極形成工程）、振動子 1 が完成する。そして、振動子 1 を支持部 3 に接着した（支持部取付工程）後、基板 2 に支持部 3 を介して振動子 1 を取り付ける、すなわち支持部 3 を基板 2 に溶接等にて固定する（基板取付工程）。こうして、角速度センサが完成する。

【0053】さらに、この角速度センサと外部との信号の入出力は、例えば、図 1 に示すように、基板 2 上に絶縁、構成された配線部材であるターミナル T1～T8 と振動子 1 上の各電極とを、ワイヤボンディング等にてワイヤ（リード線）W1～W8 で結線することにより行

う。

【0054】これらターミナル T1～T8 は、基板 2 を貫通して設けられ、基板 2 の振動子 1 側の面 K1 とは反対の面側に突出している。各ターミナル T1～T8 の外周には、絶縁ガラス 2 a が配置され、ターミナル T1～T8 と基板 2 との電気絶縁、及び気密を保つ役割を果たしている。

【0055】また、ターミナル T1～T8 は、上記した基板 2 の面 K1 とは反対の面側にて、角速度センサと外部との信号の入出力するための図示しない駆動・検出回路（外部回路）に、電気的に接続されている。

【0056】なお、基板 2 には、図示しない取付部が形成されており、本実施形態の角速度センサは、この取付部によって被測定物（車両等）の適所に、例えば、図 1 に示す z 軸方向を上下方向として取り付けられる。

【0057】以上の構成に基づき、本実施形態の角速度センサの作動について説明する。上記の駆動・検出回路によって、取出し用パット電極 14、15 を介して、共通電極 20 と駆動電極 10 および駆動電極 11 との間に、それぞれ位相の 180 度異なる交流電圧（駆動信号）を x 軸方向に印加することにより、各アーム部 4、5 を、所定の周波数 f d にて y 軸方向に励振（駆動振動）させる。

【0058】この時、参照電極 12、13 と共通電極 20 との間を流れる出力（電流）を検知し、振動状態をモニターしながらフィードバックを行う。その結果、周囲温度が変化してもアーム部 4、5 の y 軸方向の振幅（駆動振幅）が一定となるように自励発振制御を行うことができる。

【0059】上記の駆動振動時に、振動子 1 に対して、z 軸（検出軸）回りに角速度 Ω_z が入力された時、コリオリ力によりアーム部 4、5 は、x 軸方向に角速度 Ω_z に比例した変位（検知振動）を発生し、そのとき角速度検出電極 18、19 により角速度に比例した出力（電流）が発生し、この出力を引出し電極 21、22 および検出用パット電極 16、17 を介して検出して角速度 Ω_z を検出する。

【0060】ところで、本第 1 実施形態によれば、支持部 3 の支持面 3 b と基部 2 との間には、支持面 3 b に段差を持って凹んだ凹部 3 c を設け、この凹部 3 c にて支持面 3 b と基部 2 とが非接触の状態にある非接触領域が形成されている。

【0061】それによれば、この非接触領域を設けることで、従来のような支持面と基部とが全面接触している場合に比べて、駆動振動の際に、支持部 3 と基部 2 とのこすれによって発生する不要な力を低減することができる。そのため、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することができる。

【0062】本実施形態では、音叉型振動子 1 を持つ角速度センサにおいて大きな不要な力の発生しやすいくび

れ部 3 a の近傍が、非接触領域となっている。そして、図 3 (b) に示すように、非接触領域は、支持面 3 b におけるくびれ部 3 a の根元の中心 3 e を中心としてくびれ部の幅 W 3 の 3 倍以上の直径を持つ円 C 1 の面積の範囲に形成されているため、くびれ部 3 a 近傍にて非接触領域の面積を広くとることができ、上記効果が適切に発揮される。

【0063】なお、上記例では、支持部 3 の支持面 3 b に凹部 3 c を設けることで上記非接触領域を形成しているが、支持面 3 b は従来同様、平坦面のままで、支持面 3 b に対向する基板 2 の面 K 1 に凹部を形成することで非接触領域を形成するようにしても良い。また、支持面 3 b と基板 2 の面 K 1 の両方に凹部を形成して非接触領域を形成しても良い。

【0064】つまり、本第 1 実施形態の角速度センサでは、支持面 3 b と基部 2 との間には、支持面 3 b およびこれに対向する基部 2 の面 K 1 の少なくとも一方に段差を持って凹んだ凹部を設け、この凹部にて支持面 3 b と基部 2 とが非接触の状態にある非接触領域が形成されていけば良い。それにより、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することができる。

【0065】(第 2 実施形態) ところで、本発明者の検討によれば、振動子 1 には、上記した駆動振動や検知振動、さらにはアーム部 4、5 のねじれ等の各種の共振周波数を持つ振動モードが存在する。

【0066】図 4 は、このような各振動モードの共振周波数 f_n と、駆動振動周波数の整数倍の周波数 $n \cdot f_d$ を持つ不要振動の利得との関係を示す概念図である。図 4 に示すように、各振動モードの共振周波数 f_n が、駆動振動周波数 f_d の整数倍の周波数 $n \cdot f_d$ に近いほど、すなわち、 f_n と $n \cdot f_d$ との差 ΔF が小さいほど、不要振動の利得は大きくなる。

【0067】このことから、各振動モードの共振周波数 f_n を駆動振動周波数 f_d の整数倍の周波数 $n \cdot f_d$ から遠ざけるように調整して、上記差 ΔF を大きくしてやれば、不要振動の利得を小さくし、駆動振動に重畳される不要振動が抑制できると考えられる。

【0068】そこで、本実施形態では、上記図 1 に示す角速度センサにおいて、支持部 3 のくびれ部 3 a の形状に着目し、くびれ部 3 a を、駆動振動周波数 f_d の整数倍の周波数成分による振動子 1 の振動を防止するような形状としたことを特徴とするものである。

【0069】それによれば、駆動振動の周波数 f_d の整数倍の周波数成分 ($n \cdot f_d$) による振動子 1 の振動を防止することができるため、結果、上記図 4 において振動子 1 の振動モードの共振周波数 (f_n) と駆動振動の周波数の整数倍の周波数 ($n \cdot f_d$) との差を大きくし

た構成となる。したがって、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することができる。

【0070】具体的には、上記図 3 (b) に示す支持部 3 のくびれ部 3 a の幅 W 3 に着目し、この幅 W 3 を適宜変えることで実現できる。例えば、幅 W 3 は従来 1.25 mm 程度であったものを、本実施形態では 1.47 mm と太くすることにより、上記図 4 中に示す ΔF を小さくし、駆動振動に重畳される不要振動の抑制を図っている。

10 【0071】なお、くびれ部 3 a を、駆動振動周波数 f_d の整数倍の周波数成分による振動子 1 の振動を防止するような形状とする構成により、駆動振動に重畳される不要振動を極力抑制することができるため、上記図 1 に示す角速度センサにおいて、支持部 3 の支持面 3 b と基板 2 の面 K 1 とは従来のように全面接触した形でも良い。

【0072】(他の実施形態) なお、本発明は、上記したような 2 脚音叉形状の振動子以外にも、例えば、特開平 11-125527 号公報に記載されているような 4 脚音叉形状の振動子でも良い。つまり、一対のアーム部が 2 組以上あっても良い。また、振動子も圧電耐としての水晶等にしたり、支持部や基板の材質もセラミック、金属等、適宜設計変更可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る角速度センサの全体構成を示す斜視図である。

20 【図 2】図 1 における振動子に形成された各電極の構成を示す展開図であり、(a) は X 1 面、(b) は X 2 面、(c) は Y 1 面、(d) は Y 2 面上の電極構成を示すものである。

【図 3】図 1 中の支持部の詳細構成を示す図である。

【図 4】振動子の振動モードの共振周波数 f_n と駆動振動周波数の整数倍の周波数 $n \cdot f_d$ を持つ不要振動の利得との関係を示す概念図である。

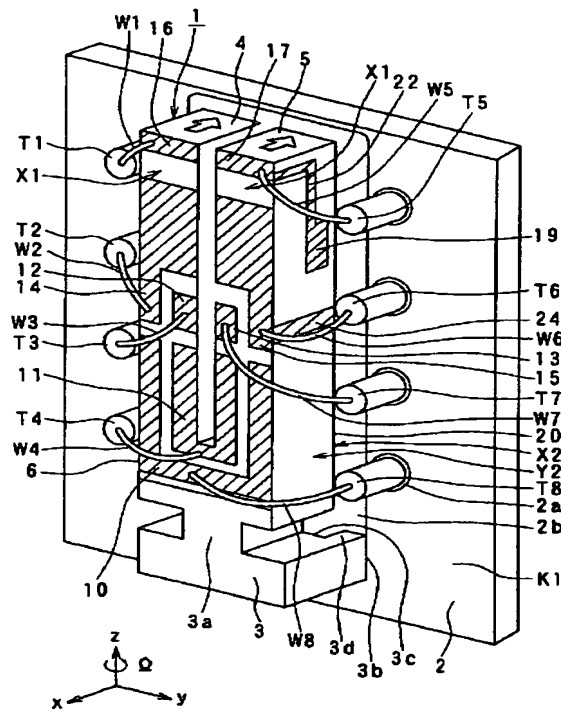
【図 5】従来の角速度センサの一般的な全体構成を示す図である。

【図 6】(a) は角速度センサにおける正常な場合の出力波形を示す図、(b) は駆動振動に不要振動が重畳した場合の出力波形を示す図である。

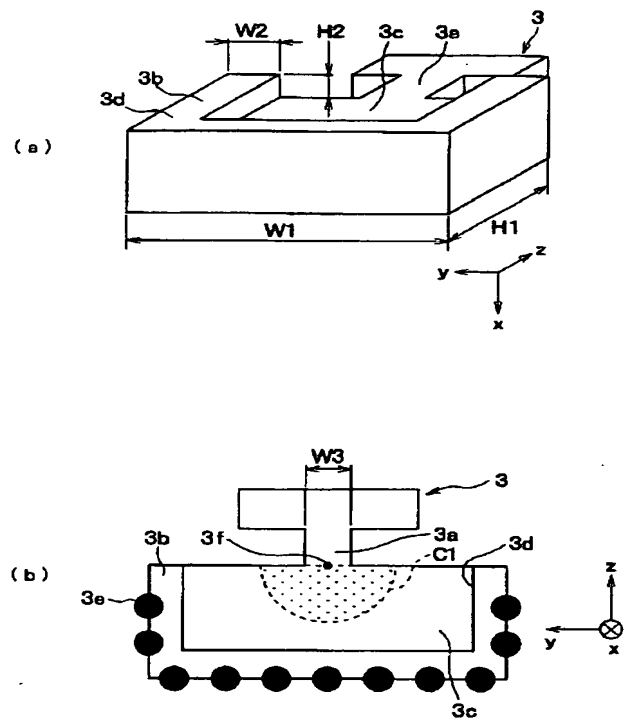
40 【符号の説明】

1…振動子、2…基板、3…支持部、3 a…くびれ部、3 b…支持面、3 c…凹部、3 e…溶接点、3 f…支持面におけるくびれ部の根元の中心、4、5…アーム部、6…連結部、C 1…支持面におけるくびれ部の根元の中心を中心としてくびれ部の幅の 3 倍以上の直径を持つ円、W 3…くびれ部の幅。

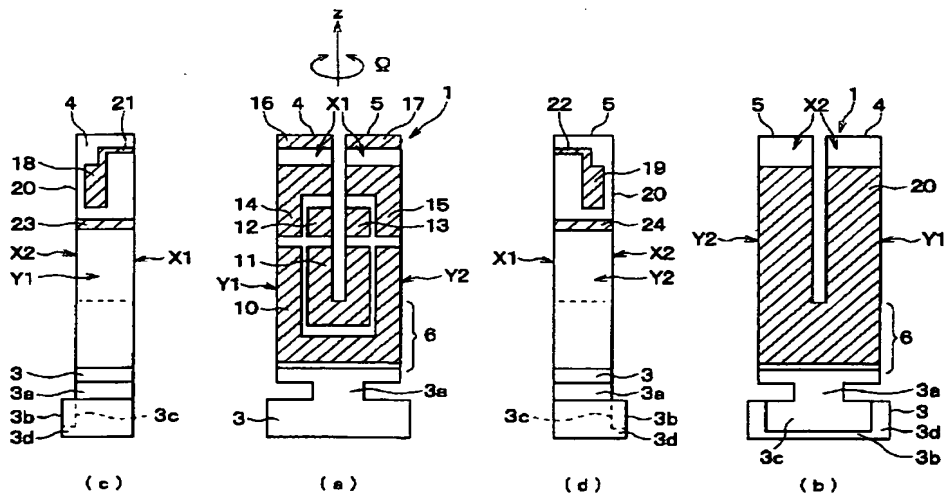
【図 1】



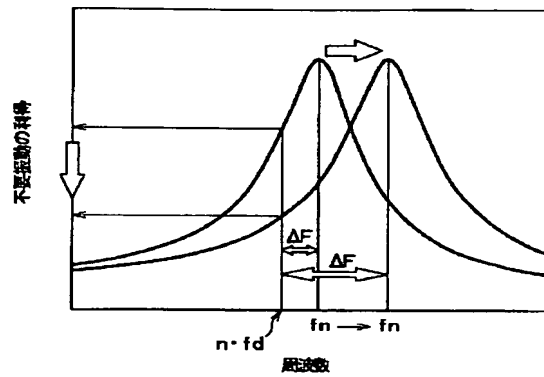
【図 3】



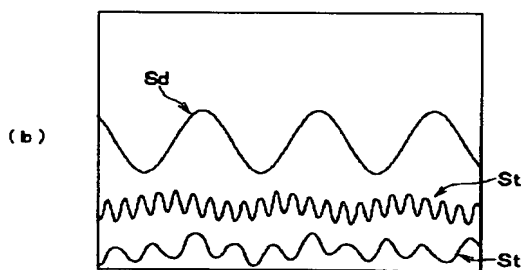
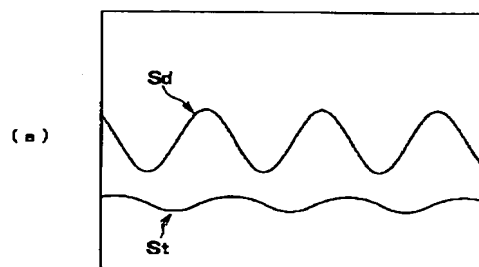
【図 2】



【図 4】



【図 6】



【図 5】

